

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Evaluación de las patologías del pavimento rígido del pasaje Agustín  
Loli, urb. Soledad, Huaraz – Ancash-2016

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil**

**Autor**

Giraldo Chinchay, Juan Carlos

**Asesor**

Rogelio, Castañeda Gamboa

Chimbote – Perú

2018

**“EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL  
PAVIMENTO RÍGIDO DEL PASAJE AGUSTÍN LOLI,  
URB. SOLEDAD, HUARAZ – ANCASH – 2016.”**

**PALABRAS CLAVE:**

Tema	Evaluacion,Patologias,Pavimento Rígido
Especialidad	Pavimento Rígido

**KEY WORDS:**

Topic	Evaluation, pathology, rigid pavement
Specialty	Pavement rigid

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

Programa	Ingeniería Civil
Área	2. Ingeniería y Tecnología
Sub-área	2.1. Ingeniería Civil
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ingeniería Civil</li></ul>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación que tenía como Título **“Evaluación de las Patologías del Pavimento Rígido del pasaje Agustín Loli, urb. Soledad, Huaraz – Ancash - 2016.”**

Tenía como principal propósito de estudio el empleo del índice PCI (present Condition Index), para la evaluación del estado del pavimento rígido.

Dado que en la ciudad de Huaraz la variación altitudinal está comprendida entre los 3000 a 3100 msnm, los estratos de suelo son muy variables también hay la presencia de Napa Freática en algunos sectores, por el cual se encuentran patologías como hundimiento y agrietamiento de los pavimentos que nos conlleva a establecer un nivel de vulnerabilidad. Estas calles desde su culminación no se ha dado hasta la fecha ningún mantenimiento rutinario a la vía, por lo que esta se viene deteriorando paulatinamente presentando fallas recurrentes y comunes como la falla de las juntas y estas fallas se van prolongando más, también se observa que las autoridades no tienen una política orientada al mantenimiento, ya que no se observa eso en las calles.

La determinación y Evaluación del nivel de patologías del concreto existente en el pasaje Agustín Loli indica que el 28.57 % está afectada por fallas de fisuras longitudinales que afecta a 18 losas. A continuación le sigue 14 losas con grietas de esquina y lineales que representa el 25% En tercer lugar están las fallas de tipo descascaramiento de juntas que representa a 15 losas y significa un 17.83 %. El pasaje Agustín Loli tiene un PCI de 22, el cual indica una calificación de Malo.

## **ABSTRACT**

The present work of investigation that has like Title "Evaluation of the Pathologies of the Rigid Pavement of the passage Agustín Loli, urb. Soledad, Huaraz - Ancash - 2016. "

Its main purpose of study will be the use of the PCI index (present Condition Index), for the evaluation of the state of the rigid pavement.

Given that in the city of Huaraz the altitudinal variation is between 3000 and 3100 meters above sea level, the soil strata are very variable and there is also the presence of Frenetic Napa in some sectors, which are pathologies such as subsidence and cracking of the pavements. which leads us to establish a level of vulnerability. These streets since its completion has not been given any routine maintenance to the road, so it has been deteriorating gradually showing recurrent and common failures such as the failure of the joints and these failures are further, also noted that the authorities do not have a maintenance-oriented policy, since that is not observed in the streets.

The determination and evaluation of the level of pathologies of the existing concrete in the passage Agustín Loli indicates that 28.57% is affected by longitudinal fault fractures that affects 18 slabs. Then follows 14 slabs with corner and linear cracks that represents 25%. Third are the failures of shell peeling type that represents 15 slabs and means 17.83%. The passage Agustín Loli has a PCI of 22, which indicates a bad rating.

## ÍNDICE GENERAL

### **Contenido**

Título	i
Palabras clave - key words – Línea de investigación	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Introducción	1
Metodología	51
Resultados	53
Análisis y discusión	56
Conclusiones y Recomendaciones	57
Agradecimientos	58
Referencias bibliográficas	60
Anexos y apéndices	62

## 1. INTRODUCCION

Godoy & Ramírez (2006), demuestra que el pavimento rígido posee un coeficiente de balasto (k) variando de 19 a 180 kg/cm<sup>3</sup>. Aun asumiendo el valor menor, para cálculos de dimensionamiento de pavimento rígido, sigue siendo un valor considerablemente alto, pero los resultados arrojan también la falta de uniformidad de dicho coeficiente para distintos sectores evaluados, siendo su uniformidad y no la alternancia de valores elevados la situación ideal para el soporte de un pavimento rígido. Así también, las bases de elevada rigidez no acompañan las deformaciones de las losas de pavimento rígido y son causantes de mayores esfuerzos en las mismas, por último otra condición que se debe cumplir para el buen desempeño del pavimento rígido es la regularidad de la base estructural del mismo.

Montivero, (2010), indica que las patologías encontradas en este camino de alta montaña ratifican la necesidad de una integración de los distintos profesionales tal como el diseñador del pavimento, el constructor y el proveedor del hormigón para evitar problemas de patologías, teniendo en cuenta las tecnologías locales. Esto incluye todas las instancias de contralor correspondiente a Vialidad Nacional.

Debieran confluir el estado del arte y de la práctica para obtener pavimentos con mayor vida útil en función de las nuevas reglamentaciones de tecnología del hormigón respecto a durabilidad. Se considera importante la capacitación del personal para realizar un mantenimiento permanente de las juntas, para evitar el ingreso del agua y que se produzcan fisuras.

Bendezú, (2012), concluye que el Índice Promedio de Condición del Pavimento, del AA.HH. Jorge Chávez – Provincia De Talara – Departamento De Piura, es de en un nivel de regular o estado regular. Los pavimentos sufren grandes desperfectos por la mala ejecución y la calidad de los agregados de la zona y la inclemencia del tiempo y que el suelo tiene bastante responsabilidad en dichas grietas.

Espinoza, (2010), indica que el índice promedio de condición de pavimento, para los pavimentos en la Urb. San Rosa del Distrito de Nuevo Chimbote – Santa – Ancash es 50 y en concordancia con la escala de evaluación del PCI, se concluye que su estado de conservación es REGULAR. Se concluye que los pavimentos en las Calles de la Urb. Santa Rosa del Distrito de Nuevo Chimbote – Santa – Ancash., tiene un PCI de 50 están en buen estado.

Gonzales, (2011), menciona que en la avenida Raimondi, el 28.57 % está afectada por fallas de parches grandes de severidad media que afecta a 24 losas. A continuación le sigue 23 losas con grietas de esquina y lineales que representa el 25% En tercer lugar están las fallas de tipo descascaramiento de juntas que representa a 15 losas y significa un 17.83 %. La Avenida Raymondí tiene un PCI de 22, el cual indica una calificación de Muy Malo. En la Avenida Luzuriaga el 25.85 % está afectada por fallas de parches grandes de severidad baja que afecta a 30 losas. A continuación le sigue 25 losas con grietas lineales de severidad media que representa el 20.55 % En tercer lugar están las fallas de tipo descascaramiento de juntas que representa a 22 losas y significa un 18.973 % de severidad media. La Avenida Luzuriaga tiene un PCI de 40, el cual indica una calificación de Malo.

La presente investigación se justifica en la necesidad de conocer el Índice de Condición de Pavimento en el Distrito de Huaraz, según el tipo de patologías identificada, asimismo indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

Nos permite determinar el tipo de patologías del concreto que existen en las principales calles del Distrito de Huaraz-Ancash.

Es necesario que ante la posibilidad de ocurrencia de patologías se haga las correctivas necesarias y las previsiones correspondientes para devolverle la función de transitabilidad y seguridad a la población.

En la sociedad en que vivimos a diario nos vemos saturados. Que tenemos que optimizar la gestión de las vías urbanas en el Distrito de Huaraz – Áncash, en definitiva un mejor uso del conocimiento nos va a permitir actuar con mayor agilidad



en las decisiones a tomar, con mayor certeza, exactitud y con una visión de mayor alcance en cuanto al impacto de la misma; disponiendo de una mayor capacidad de conocimiento y raciocinio en base a la mejor información, en consecuencia se hace imperativo nuestra capacidad comprensiva, en este caso a través de la información recopilada en esta presente investigación, ofreciendo a futuros estudiantes un material de consulta, que les permita conocer los diferentes procedimientos y criterios que se debe considerar en el estudio de patologías de pavimento rígido.

El Distrito de Huaraz se encuentra ubicado a 8 horas de la Ciudad de Lima y a una altura de 3100 m.s.n.m., posee un clima variado, es decir con temperaturas bastante cambiantes con un promedio anual de 14°C, con un régimen de lluvias con mayor intensidad en los meses de Diciembre a Mayo y con un periodo menos intenso entre los meses de junio a noviembre además el Sistema Hidrológico es significativo en tiempos de lluvia, la topografía es bastante accidentada y con una diversidad de tipos de suelos las mismas que resultan ser perjudiciales para el concreto, de tal manera que los procesos constructivos varían en función a dichas temperaturas y épocas, por ello se requiere de un nivel técnico apropiado para su ejecución.

Por ello nuestro proyecto técnico pretende que conociendo las causas de estas rarezas podamos proponer las soluciones convenientes, tanto para el mantenimiento correctivo de las actuales construcciones, así como el mantenimiento preventivo de las actuales y de las futuras construcciones, además de dar las pautas el mantenimiento rutinario a la vía, por lo que esta se viene deteriorando paulatinamente presentando fallas recurrentes y comunes como la falla de las juntas y estas fallas se van prolongando más, también se observa que las autoridades no tienen una política orientada al mantenimiento, ya que no se observa eso en las calles.

Para ello es necesario determinar las patologías en las principales calles pavimentadas de concreto rígido, en el Distrito de Huaraz, las mismas que serán muestras de inspección visual, para tomar datos y determinar un Índice de Condición de Pavimento a partir de sus patologías.

Se plantea el siguiente problema: ¿Cuál es el estado actual de pavimento rígido en el Pasaje Agustín Loli de la Urb. La Soledad, Huaraz – Ancash - 2016?

## **Pavimento**

### **a) Definición:**

Estructura compuesta por capas que apoyan en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado Periodo de Diseño y dentro de Serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclo vías.

En ingeniería, es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Entre los materiales utilizados en la pavimentación urbana, industrial o vial están los suelos con mayor capacidad de soporte, los materiales rocosos, el hormigón y las mezclas asfálticas.

El pavimento es la superficie de rodamiento para los distintos tipos de vehículos y personas, formadas por el agrupamiento de capas de distintos materiales destinados a distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el tránsito al cuerpo de terraplén. Existen dos tipos de pavimentos: los flexibles (de asfalto) y los rígidos (de concreto hidráulico). La diferencia entre estos tipos de pavimento es la resistencia que presentan a la flexión. Es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos.

### **b) Características que deben Reunir:**

- 1) Ofrecerán una superficie plana, sobre la que pueda caminar sin dificultad.
- 2) Serán resistentes al uso, a fin de prolongar su duración, teniendo en cuenta que habrán de soportar no solamente pesos de importancia, sino también cambios bruscos de temperatura y choques con algún cuerpo proyectado con violencia.
- 3) Deberán ser económicos.

### **c) Tipos:**

Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles.

El pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presentan un armado de acero, tienen un costo inicial más elevado que el

flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años, el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.

### **Pavimento Rígido**

Estos pavimentos se conforman por una sub-base y por una losa de concreto hidráulico, la cual le va a dar una alta resistencia a la flexión. Además de los esfuerzos a flexión y de compresión, este tipo de pavimento se va a ver afectado en gran parte por los esfuerzos que tenga que resistir al expandirse o contraerse por cambios de temperatura y por las condiciones climáticas. Es por esto que su diseño toma como parámetros los siguientes conceptos (Crespo, 2002):

- ☐ Volumen tipo y peso de los vehículos que transitarán por esa vialidad.
- ☐ Módulo de reacción de la subrasante.
- ☐ Resistencia del concreto que se va a utilizar.
- ☐ Condiciones climáticas.

Elementos que se integran un Pavimento Rígido.

#### **a) Subrasante**

Es la capa de terreno que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que esta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

### **b) Subbase**

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si este no dispone de una subrasante o sub-base adecuada. Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

### **c) Superficie de rodadura**

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor la carga hacia la estructura de pavimento.

### **Superficie de rodadura**

#### **SUBBASE**

#### **SUBRASANTE**

**Figura 1: esquema de los elementos que integran un pavimento rígido**



### **Tipo de Pavimento Rígido:**

#### **a) Concreto hidráulico simple**

No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros ó 8 a 15pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

#### **b) Concreto hidráulico reforzado**

Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros ó 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

#### **c) Concreto hidráulico reforzado continuo**

Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversas, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que estas permanezcan cerradas.

### **Diseño de Pavimento:**

#### **Método de Diseño:**

- Se podrá utilizar cualquier método de diseño estructural sustentado en teorías y experiencias a largo plazo, tales como las metodologías del Instituto del Asfalto, de la AASHTO-93 y de la PCA, comúnmente empleadas en el Perú, siempre que se utilice la última versión vigente en su país de origen y que al criterio del PR, sea aplicable a la realidad nacional.
- El uso de cualquier otra metodología de diseño obliga a incluirla como anexo a la Memoria Descriptiva.

Alternativamente se podrá emplear las metodologías sugeridas en Anexos B, D y F de esta Norma.

#### **Diseño Estructural:**

En cualquier caso se efectuara el diseño estructural considerando los siguientes factores:

- a) Calidad y valor portante del suelo de fundación y de la sub-rasante.
- b) Características y volumen de tránsito durante el periodo de diseño.
- c) Vida útil del pavimento.
- d) Condiciones climáticas y de drenaje.
- e) Características geométricas de la vida.
- f) Tipo de pavimento a usarse.

Tabla N° 01: Requisitos mínimos para todo tipo de pavimentos. Manual de SENCICO).

Tipo de Pavimento		Flexible	Rigido	Adoquines
Elemento				
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40 % 100% Compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30 % 100% compactación Proctor Modificado	
Base		CBR ≥ 80 % 100% Compactación Proctor Modificado	N.A.*	CBR ≥ 80% 100% compactación Proctor Modificado
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 60 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	NR**
Material	Vías locales	Concreto asfáltico ***	MR ≥ 3,4 MPa (34 kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> ≥ 38 MPa (380 kg/cm <sup>2</sup> )
	Vías colectoras			
	Vías arteriales			
	Vías expresas			

### Especificaciones Técnicas Constructivas:

El proyectista deberá elaborar las especificaciones técnicas que tomen en cuenta las condiciones particulares de su proyecto.

Los requisitos mínimos para los diferentes tipos de pavimentos, son los indicados en la tabla N° 01.

- a) En ningún caso la capa de rodadura será la base granular o el afirmado, a menos que sea tratada bajo la responsabilidad de la entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras y del proyectista, se podrá considerar otras s
- b) Soluciones como: Bases tratadas con cemento con asfaltado o cualquier producto químico.
- c) En el caso de los pavimentos flexibles y bajo responsabilidad de la entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras, se podrá considerar otras soluciones

tales como: micro pavimentación, lechadas bituminosas (slurry seal), tratamientos asfálticos superficiales, etc.

d) En el caso de los pavimentos rígidos y bajo responsabilidad de la entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras, se podrá considerar otras soluciones tales como: concreto con refuerzo secundario, concreto con refuerzo principal, concreto con fibras, concreto compactado con rodillo, etc.

### **Concreto:**

El concreto es la mezcla del cemento, agregados (arena y grava) y agua, la cual se endurece después de cierto tiempo formando una piedra artificial. Los elementos activos del concreto son el agua y el cemento de los cuales ocurre una reacción química que después de fraguar alcanza un estado de gran solidez, y los elementos inertes, que son la arena y la grava cuya función es formar el esqueleto de la mezcla, ocupando un gran porcentaje del volumen final del producto, abaratándolo y disminuyendo los efectos de la reacción química de la “lechada”.

#### **a) Concreto para pavimentos**

Es un material premezclado de resistencia controlada y está compuesta por cemento Portland, grava, arena, agua, aditivos y fibras. Generalmente se diseña como un material de resistencia a la flexión a 28 días y de peso volumétrico normal, que por su calidad cumple con normas y estándares globales. Siendo más precisos, algunas de sus aplicaciones son: Carreteras, vialidades urbanas, estacionamientos, pistas de aeropuertos, losas sobre terrenos, patios de maniobras, entre otras.

Es elaborado en planta, diseñado especialmente para soportar las cargas a la flexión que soporta un pavimento.

#### **b) Usos**

Se especifica para cualquier tipo de pavimentación con diferentes solicitudes de tráfico y cargas.

Especialmente recomendado en vías de tráfico pesado, terrenos declinados y obras de mayor vida útil.

**ESPECIFICACIONES:**

TIPO DE CONCRETO	PARA PAVIMENTOS	UNIDAD
Código	F	
Resistencia de especificaciones	30 a 55	Kg/cm <sup>2</sup>
Edades de Verificación de Resistencia f'c	28	Días
Tamaño Máximo de agregado	Huso 467 ASTM = 1½ Huso 57 ASTM = 1	Pulgadas
Tiempo de manejabilidad desde la llegada a la obra	1.0	Horas
Asentamiento de diseño	2.5 ± 1	Pulgadas
Tiempo de fraguado Inicial desde la salida de la planta	2.5	Horas
Densidad	2,200 a 2,400	Kg/m <sup>3</sup>
Contenido de aire	Máximo 3	%

Cuadro N° 01: Especificaciones Técnicas para el concreto en pavimento rígido.

**Materiales necesario para la elaboración de una estructura de pavimento de concreto hidráulico.**

**a) Cemento**

El cemento a utilizar para la elaboración del concreto será preferentemente Portland, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NTP Norma \_E60 - 2009. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se emplearan los denominados CPO (Cemento Portland Ordinario) y CPP (Cemento Portland Puzolánico) dependiendo del caso y con



sub-clasificaciones 30R, 40 y 40R. Estos cementos corresponden principalmente a los que anteriormente se denominaban como Tipo I y Tipo IP.

Es importante que se cumplan respectivamente con los requisitos físicos y químicos que se señalan en las clausulas 4.01.02.004-B y 4.01.02.004-C de las normas de Calidad de los Materiales de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes. El cemento en sacos se deber almacenar en sitios secos y aislados del suelo, en acopios de no más de siete metros (7m) de altura. Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento deberá ser la suficiente para el consumo de un día o una jornada de producción normal. Todo cemento que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos o tres (3) en silos, deberá ser examinado por el supervisor del proyecto, para verificar si aún es susceptible de utilización.

**b) Agua.**

El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá cumplir con la norma NTP Norma E\_60 - 2009, de preferencia debe ser potable, y por lo tanto estar libre de materiales perjudiciales tales como aceites, grasas, materia orgánica, etc. En general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano. Así mismo, no deberá contener cantidades mayores de las sustancias químicas que las que se indican en la siguiente tabla, en partes por millón:

Sustancias perjudiciales Ppm	Máximo
Sulfatos(convertidos a Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1,000
Cloruros(convertidos a Nacl)	1,000
Material orgánica(oxido consumido en medio acido)	50
Turbiedad y/o lignito	1,500

Cuadro N°02: Especificaciones- Materiales- Sustancias Perjudiciales en el agua.

El pH, medido según norma ASTM D-1293, no podrá ser inferior a cinco (5).

El contenido de sulfatos, expresado como  $\text{SO}_4^{=}$ , no podrá ser mayor de un gramo por litro (1g/l). Su determinación se hará de acuerdo con la norma ASTM D-516. Su contenido de ión cloro, determinado según norma ASTM D-512, no podrá exceder de seis gramos por litro (6 g/l)

### **c) Materiales Pétreos**

Estos materiales se sujetarán al tratamiento o tratamientos necesarios para cumplir con los requisitos de calidad que se indican en cada caso, debiendo el contratista prever las características en el almacén y los tratamientos necesarios para su ulterior utilización. El manejo y/o almacenamiento subsecuente de los agregados, deberá hacerse de tal manera que se eviten agregaciones o contaminaciones con sustancias u otros materiales perjudiciales y de que se mantengan una condición de humedad uniforme, antes de ser utilizados en la mezcla.

### **d) Grava**

El agregado grueso será grava triturada totalmente con tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros, resistencia superior a la resistencia del concreto señalada en el proyecto, y con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

MALLA		% QUE PASA
2"	50.00 mm	100
1 ½"	37.50 mm	95 - 100
¾"	19.00 mm	35 - 70
3/8"	9.50 mm	10 - 30
Numero 4	4.75 mm	0.5

Cuadro N° 03: Especificaciones- Materiales- Granulometría de la grava.

El contenido de sustancias perjudiciales en el agregado grueso no deberá exceder los porcentajes máximos que se indican en la siguiente tabla:

Sustancias perjudiciales	%
Partículas deleznales	0.25
Partículas Suaves	5.00
Pedernal como impureza	1.00
Carbón mineral y/o lignito	1.00

Tabla N° 02: Especificaciones- Materiales- Sustancias perjudiciales de la grava.

El agregado grueso además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:  
Desgaste “Los Ángeles” 40% máximo.

Intemperismo Acelerado 12% máximo (utilizando sulfato de sodio).

Cuando la muestra este constituida por material heterogéneo y se tengan dudas de su calidad, el Especificador podrá ordenar se efectúen pruebas de desgaste de los Ángeles, separando el material sano del material alterado o de diferente origen, así como pruebas en la muestra constituida por ambos materiales, en la que estén representados en la misma proporción en que encuentren en los almacenamientos de agregados ya tratados o en donde vayan a ser utilizados. En ninguno de los casos mencionados se deberán obtener desgastes mayores que cuarenta por ciento (40%).

En el caso de que se tengan dudas acerca de la calidad del agregado grueso, a juicio el Supervisor se llevara a cabo la determinación de la perdida por intemperismo acelerado, la cual no deberá ser mayor de doce por ciento (12%) en el entendido que el cumplimiento de esta característica no excluye las mencionadas anteriormente.

**e) Arena**

El agregado fino o arena deberá tener un tamaño máximo de nueve punto cincuenta y unos milímetros (9.51 mm) con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

MALLA	% QUE PASA	
3/8"	9.5 mm	100
Numero 4	4.75 mm	95 - 100
Numero 8	2.36 mm	80 - 100
Numero 16	1.18 mm	50 - 85
Numero 30	600 $\mu$ m	25 - 60
Numero 50	300 $\mu$ m	10 - 30
Numero 100	150 $\mu$ m	2 - 10
Numero 200	75 $\mu$ m	4 máximo

Cuadro N° 04: Especificaciones- Materiales- Granulometría de la arena.

La arena debe estar dentro de la zona que establece esta tabla excepto en los siguientes casos:

Cuando se tengan antecedentes de comportamiento aceptables, en el concreto elaborado con ellos o bien que los resultados de las pruebas realizados a estos concretos sean satisfactorios ,en este caso ,los agregados se pueden usar siempre que se haga el ajuste apropiado al proporciona miento del concreto ,para compensar las deficiencia de granulometría .

El porcentaje de material que pasa la malla #200 esta modificado según los límites de consistencia lo cual se indica en la siguiente tabla:

Limite Liquido	Índice Plástico	Material Máximo permisible En masa que pasa por la criba 0.075 (# 200), en porcentaje
Hasta 25	Hasta 5	18.0
Hasta 25	5 - 10	16.0
Hasta 25	10 - 15	6.0
Hasta 25	15 - 20	4.0
Hasta 25	20 - 25	1.0
25 - 35	Hasta 5	16.0
25 - 35	5 - 10	14.0
25 - 35	10 - 15	11.0
25 - 35	15 - 20	8.0
25 - 35	20 - 25	1.0
35 - 45	Hasta 5	15.0
35 - 45	5 - 10	9.0
35 - 45	10 - 15	6.0
35 - 45	15 - 20	2.0
35 - 45	20 - 25	1.0
45 - 55	Hasta 5	9.0
45 - 55	5 - 10	8.0
45 - 55	10 - 15	5.0
45 - 55	15 - 20	4.0
45 - 55	20 - 25	1.0

Tabla N° 03: Especificaciones- Materiales- Ajustes granulometría de la arena.

La arena no deberá tener un retenido mayor de cuarenta y cinco por ciento (45%) entre dos (2) mallas consecutivas, además, deberá cumplir con seguimientos requisitos de calidad.

- Equivalente de arena\*\* 80% máximo
- Modulo de finura 2.30minimo y 3.10 máximo.
- Intemperismo acelerado 10%maximo (empleando sulf. Sodio)

\*\*Al ser modificado el porcentaje del material que pasa a la malla #200 según los límites de consistencia el equivalente de arena también se debe ser modificado. El contenido de sustancias perjudiciales en la arena, no deberá exceder los porcentajes máximos siguientes:

Sustancias perjudiciales	% Máximo
Partículas deleznales	1.0
Carbón Mineral y/o lignito	1.0

Cuadro N° 05: Especificaciones- Materiales- Sustancias perjudiciales de la arena.

En el caso de que tenga dudas acerca de la calidad del agregado fino. A juicio se llevara a cabo la determinación de la perdida por intemperismo acelerado la cual no deberá ser mayor de diez por ciento (10%) en el entendido de esta condición no incluye las mencionadas anteriormente.

#### **f) Reactividad**

Deberá verificarse mediante análisis petrográficos y/o la prueba química rápida de los agregados (Grueso y fino) para la elaboración de la mezcla de concretos no sea potencialmente reactiva.

#### **g) Activos**

Deberán emplearse aditivos de tipo D reductores de agua y retardantes con la dosificación requerida para manejabilidad de la mezcla durante dos (2) horas a partir de la finalización del mezclado a la temperatura estándar de veinte tres grados centígrados (23° c) y no se produzca fraguado después de cuatro (4) horas a partir de la finalización del mezclado. Los aditivos deberán ser certificados por la casa productora .para asegurarla la trabajabilidad de la mezcla, también se utilizara un

agente inclusor de aire con los requisitos que señala la norma ASTM C260. Estos aditivos se transportarán de la fábrica hasta la planta de concreto en camiones cisternas y se deposita en tanques especialmente diseñados para su almacenamiento y dosificación.

#### **h) Concreto**

El diseño de la mezcla utilizando los agregados provenientes de los bancos ya tratados, será la responsabilidad del productor del concreto quien tiene la obligación de obtener la resistencia y todas las demás características para el concreto fresco y endurecido, así como las características adecuadas para lograr los acabados del pavimento. Durante la construcción, la dosificación de la mezcla de concreto hidráulico se hará en peso y su control durante la elaboración será bajo la responsabilidad exclusiva del proveedor, es conveniente que el subministro se realice por proveedores profesionales de concreto.

#### **i) Resistencia**

La resistencia de diseño especificada a la tensión por flexión (f<sub>ec</sub>) o módulo de ruptura (MR) a los 28 días, se verificará en especímenes mencionados durante el colocado del concreto, correspondientes a vigas estándar de quince por quince por cincuenta (15x15x50) centímetros, compactando el concreto por vibro compresión y una vez curado adecuadamente se ensayarán a los 3, 7 y 28 días aplicando las cargas en los tercios del claro (ASTM C78).

#### **j) Especímenes de prueba**

Se deberán tomar muestras de concreto para ser especímenes de prueba para determinar la resistencia a la flexión durante el colocado del concreto, los especímenes de pruebas adicionales podrán ser necesarias para determinar adecuadamente la resistencia del concreto cuando la resistencia del mismo a temprana edad limite la apertura del pavimento al tránsito. El procedimiento seguido para el muestreo del concreto deberá cumplir con la norma ASTM C172. La frecuencia de ruptura y tres especímenes más para determinar el módulo elástico y resistencia a la compresión por cada ciento cincuenta 150 m<sup>3</sup> de producción de concreto. En el caso de la determinación del módulo de ruptura, se ensayarán dos especímenes 3 y 7 colados y los otros dos restantes en 28 días en el caso de la determinación del módulo de

elasticidad resistencia a la compresión de ensayar un especies por cada prueba a los 3 y 7 días de colado y el restante a los 28 días transcurrido el colado la apertura el tránsito vehicular el pavimento no podrá realizarse antes de que el concreto haya alcanzado una resistencia a la tensión por flexión o módulo de ruptura del 75% del especificado del proyecto como mínimo. En caso de ser necesario, con ayuda del consultor capacitado se pondrá a revisar los esfuerzos actuantes a lo que estará sometido al pavimento y se permitirá abrir al tráfico cuando la reacción entre esfuerzos actúen entre resistencia de 0.5.

Sustancias perjudiciales	MR Kf/cm <sup>2</sup>
Autopistas y Carreteras	48
Zonas Industriales y Urbanos Principales	45
Urbanos Secundarios	42

Cuadro N° 06: Especificaciones- Materiales- Resistencia de concreto recomendada.

#### **k) Trabajabilidad**

El revenimiento promedio de la mezcla de concreto podrá especificarse de acuerdo con el procedimiento de elaboración a utilizar:

Para tendido con cimbra deslizante deberá ser de cinco centímetros más o menos, 1.5 cm. Al momento de su colocación.

Para colocados con cimbra fija deberá ser diez centímetros (10 Cm) uno de (2 cm) al momento de su colocación, las mezclas que no cumplan con el requisito deberán ser destinados a otras obras de concreto como cunetas y drenajes y no se permitirá la colocación de la loza de concreto.

El concreto deberá ser uniformemente plástico, cohesivo y manejable, el concreto trabajable es definido como aquel que puede ser colocado sin que se produzca demasiados vacíos en su interior en su superficie, del pavimento así como el que no pertenece a una apariencia pastosa. Cuando aparezca agua ese deberá efectuar inmediatamente una corrección por medio de una o más de las siguientes medidas:

- ☐ Diseño de la mezcla.
- ☐ Adicción del relleno mineral o agregados finos.



- Incremento del contenido de cemento.
- Uso un aditivo incluso de aire equivalente preveniente aprobado.

#### **l) Membrana de Curado**

Para el cuadro de la superficie del concreto recién colada debe emplearse una membrana de curado de emulsión en agua y base parafina de color claro, el que deberá cumplir los requisitos de calidad que se describe en normas ASTM C171, ASTM C309, TIPO 2, CLASE A. AASHTOM148 TIPO. CLASE A, FAA ITEM P-610-2.10. Este tipo de membranas evita que se tapen las esperas de los equipos roseados deberá explicarse aproximadamente para proveer una sello impermeable que optimice la retención del agua.

#### **ll) Acero de refuerzo**

El acero de refuerzo necesario para la construcción de pavimentos se utiliza en las juntas ya sea como pasadoras de cortante o pasajuntas o como barras de amarre para mantener los cuerpos del pavimento unidos.

#### **m) Barras de Amarre**

En las juntas que muestre el proyecto y/o en los sitios que identifique el especificador del proyecto se colocaran barras de amarre con el propósito de evitar el corrimiento o desplazamiento de las losas en el sentido perpendicular, al de circulación. Las barras de amarre serán de varillas corrugadas de acero, estructural con límite de fluencia ( $y$ ) de cuatro mil doscientos kilogramos por centímetro cuadrados ( $4.200\text{kg/cm}^2$ ) debiendo quedar ahogados en las losas, con las dimensiones y en la posición indicada en el proyecto. Estas barras siempre deberán estar colocada en el centro del pavimento.

#### **n) Barras pasajuntas**

En las juntas transversales y contradicción, en las juntas de construcción en las juntas de emergencia y/o en los sitios que indique el supervisor del proyecto se colocaran barras pasajuntas que se utiliza como mecanismo para conseguir y garantizar la transferencia de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero redondo liso y deberán quedar ahogados en las losas de posición con las dimensiones indicadas por el proyecto, estas barras deberán estar perfectamente alineadas con el sentido longitudinal del pavimento con su plano horizontal colocándose a la mitad del espesor de la losa. Ambos extremos de las pasajuntas deberán ser lisos y estar libres de rebabas constantes. El acero deberá cumplir con la norma ASTM A 615 grado 60 ( $F_t 0 4.200\text{kg/cm}^2$ ), y deberá ser recubierta con asfalto, parafina, grasa o cualquier otro medio que impida efectivamente la adherencia del acero con el concreto y sea aprobado por el especificador del proyecto las pasajuntas podrán ser

instaladas en la posición indicada en el proyecto durante colocado y acabado del concreto ,más deberán impedir el movimiento longitudinal del a misma.

**o) Sellador para juntas.**

El material sellante para las juntas transversales y longitudinales deberá ser elásticos, resistente a los efectos de combustibles y aceites automotrices, con propiedades adherentes con el concreto y que permita las dilataciones y contradicciones que se presenta en las losas de concreto sin degradarse, debiéndose emplear productos a base de silicona, poliuretano - asfalto o Similares, los cuales son autonivelantes de un solo componente y solidificación a temperatura y ambiente a menos de que se especifique lo contrario el material para el sellado de juntas deberá de cumplir con los requerimientos aquí indicados el material se debe adherir a los lados de junta grieta con el concreto y deberá formar un sello afectivo contra la filtración de agua o incrustación de materiales sellador autorizado por le especificador.

Para todas las juntas de la losa del concreto se deberá de emplear un sellador de silicón o similar de bajo de módulo autonivelable este sellador deberá ser un compuesto de un solo componente sin requerir la adición de un catalizador para su curado. El sellador deberá presentar fluidez suficiente para auto nivelarse y no requerir de formado adicionalmente Para todas las juntas de la losa de concreto se deberá emplear un sellador de silicón o similar de bajo módulo autonivelable. Este sellador deberá ser un compuesto de un solo componente sin requerir la adición de un catalizador para su curado. El sellador deberá presentar fluidez suficiente para autonivelarse y no requerir de formado adicional, adicionalmente se deberá colocar respetando el factor de forma (altura de silicón / ancho del silicón en el depósito) mismo que deberá proporcionar o recomendar el fabricante del sellador. La tirilla de respaldo a emplear deberá impedir efectivamente la adhesión del sellador a la superficie inferior de la junta. La tirilla de respaldo deberá ser de espuma de polietileno y de las dimensiones indicadas en los documentos de construcción. La tirilla de respaldo deberá ser compatible con el sellador de silicón a emplear y no se deberá presentar adhesión alguna entre el silicón y la tirilla de respaldo. Se denomina Pasajuntas, a una barra de acero redondo liso  $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$  la cual no se debe de adherir al concreto permitiendo el libre movimiento de losas longitudinalmente, pero

si debe de transferir verticalmente parte de la carga aplicada en una losa a la adyacente. Se colocan perfectamente alineadas a la mitad del espesor de la losa. El diámetro, longitud y separación de las pasajuntas está en función del espesor de las losas principalmente. Algunas recomendaciones prácticas para la selección de la Barra son las siguientes:

Espesor de Losa		Barras Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
cm	Pulgada	mm	Pulgada	cm	Pulgada	cm	Pulgada
13 a 15	5 a 6	10	$\frac{3}{4}$	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	30	$1\frac{1}{4}$	46	18	30	12
30 a 40	12 a 17	38	$1\frac{1}{2}$	51	20	38	16
43 a 50	17 a 20	45	$1\frac{3}{4}$	56	22	46	18

Tabla N° 04: Espesor – diámetro – longitud – separación de juntas.

### **Preparación del terreno para construir una estructura de pavimento rígido.**

Para construir correctamente un pavimento de concreto, es muy importante considerar una serie de pasos al preparar el terreno, proceso conocido como diseño y construcción de las subrasantes:

1. Compactación de los suelos, de esta forma se garantiza un apoyo uniforme y estable para el pavimento.
2. Fijado de la rasante, consiste en la excavación de zanjas laterales, lo suficientemente profundas para aumentar la distancia vertical entre el nivel freático y el pavimento.
3. Uniformado el terreno en zonas donde se tengan cambios bruscos en sentido horizontal del tipo de suelo.
4. Nivelación selectiva de la rasante en zonas de terraplén, a fin de colocar los mejores suelos cerca de la parte superior de la evaluación de la subrasante. En ocasiones será necesario colocar una capa de material inmediatamente abajo del contacto con el

pavimento del concreto, el cual como se conoce como sub base se pueden elaborar con materiales granulares, permeables y de tamaño uniforme. Su uso es especialmente recomendable en rutas de tránsito pesado, sobre todo en grandes aeropuertos, carreteras y vialidades primarias.

### **Proceso de Pavimentación en una estructura de pavimento rígido.**

- 1) Conformar terracerías con respecto al trazo y niveles específicos en el proyecto. Es conveniente pedir memoria a un laboratorio calificado en la materia para que realice revisiones periódicas de las superficies mediante, los estándares de supervisión, referente al valor relativo de soporte (VRS) y al espesor y grado de compactación de los sueldos.
- 2) El segundo paso consiste en elaborar el cimbrado, cuidando que se coloque siguiendo el alineamiento y los niveles que indique la brigada de topografías. Una vez terminado el proceso, será preciso revisar nuevamente los niveles de la cimbra con un topógrafo especializado.
- 3) Para el tendido del concreto se deberá, primero, humedecer la superficie que recibirá la mezcla, con el fin de evitar que el suelo absorba agua del concreto. Posteriormente, el material deberá esparcirse por todo lo ancho del pavimento.
- 4) Una vez colocado el concreto, se procede a elaborar el vibrado y perfilado que consiste en acomodar las orillas pegadas a la cimbra, mediante el uso de vibrador manual. Posteriormente, deberán insertarse las barras para sujetar el concreto, con la ayuda de un escantillón que señale exactamente la mitad del espesor. Por último, se pasara la regla vibratoria que dará el acabado final al pavimento.
- 5) El texturizado deberá efectuarse mediante el uso de una tela de yute húmeda, quesera arrastrada en sentido longitudinal al pavimento. En su defecto, puede usarse pasto sintético.
- 6) Para el curado del concreto deberá emplearse una membrana de la marca y cantidad que especifique el proyecto. En el proceso de curado deberá utilizarse un aspersor manual. Este procedimiento se realizara en seguida del texturizado.
- 7) El corte de juntas se realiza con máquinas especiales que cuentan con discos de diamante y elaboran incisiones en el concreto de forma transversal y longitudinal.
- 8) La limpieza de juntas se hace mediante la inyección de agua a presión sobre las incisiones. Posteriormente se secan los bordes con aire, se colocara agente sellador dentro de la junta y una cintilla de respaldo.

## **Aplicación del Pavimento Rígido:**

### **a) Aeropistas.**

En los aeropuertos, donde se demanda un mínimo de prórroga para la utilización del pavimento terminado, se ha empleado un sistema de apertura rápida, este consiste en el colado secuencial del pavimento en la reconstrucción de pistas aéreas y plataformas.

### **b) Vialidades Urbanas**

La reconstrucción de vialidades urbanas se ha convertido en uno de los principales problemas, pues además del tiempo y costo, afectan el tránsito vehicular. Sin embargo, con los pavimentos de concreto de apertura rápida, estos problemas se minimizan ostensiblemente.

### **c) Zonas residenciales**

El uso de pavimento de concreto en zonas residenciales aumenta día con día debido a la reducción del tiempo de curado en la mezcla. Se ha demostrado que lo más eficiente para disminuir el cierre de accesos, es la construcción con base en cimbra deslizante a todo lo ancho de la calle. En los estacionamientos de las casas particulares, por ejemplo, se ha logrado limpiar a solo 24 horas el impedimento para que los residentes metan sus automóviles.

## **Índice de Condición de Pavimento (PCI – Pavement Condition Index)**

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de dato, su severidad y cantidad o densidad del mismo, El formulario de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento. El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la tabla N° 05 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

<b>RANGOS DE CALIFICACION DEL PC</b>	
<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno

70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Tabla N° 05: Rangos de calificación para la evaluación de Pavimentos en Concreto Rígido.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establece CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD que cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la De la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los datos obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

### Procedimiento de Evaluación de la Condición del Pavimento

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los datos teniendo en cuenta las clases, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las figuras 2 y 3 ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos y de concreto, respectivamente. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.					
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO			
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m²)			
INSPECCIONADA POR		FECHA			
No.	Daño	No.	Daño		
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.		
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.		
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.		
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.		
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.		
6	Depresión.	16	Desplazamiento.		
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)		
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.		
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.		
10	Grietas long y transversal.				
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Valor deducido

Figura N° 02 Formato de exploración superf. Asfáltica.

**a) Unidades de Muestreo**

Se divide la vía en secciones o “unidades de secuestro”, cuyas denominaciones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura.

- Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30m. el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ . En el Cuadro 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Ancho de la calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo(m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.0 (Máximo)	31.5

Cuadro N° 07: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.

Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Portland y losas con longitud inferior a 7.60m. El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $20 \pm 8$  losas.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.





pavimento asfáltico y de 15 para pavimentos de concreto, estos valores son basados en datos de campo obtenidos de muchas encuestas; sin embargo, si la experiencia local es diferente el promedio de la desviación estándar reflejará la condición local; esta deberá ser usada para la inspección inicial. En inspecciones subsecuentes, se usará la desviación estándar real de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deberán evaluarse. Cuando el número mínimo de unidades a ser evaluadas es menor que cinco ( $n < 5$ ), se recomienda evaluar todas las unidades<sup>11</sup>. Si la obtención del nivel de confianza del 95% es crítica, se debe verificar el número de unidades de muestra inspeccionadas es adecuado. El número de unidades de muestra se determinó inicialmente en base a una desviación estándar asumida. Se debe calcular la desviación estándar actual de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_f)^2}{n - 1}} \quad \dots\dots (2)$$

Dónde:

**PCI<sub>i</sub>:** PCI de la unidad de muestra i.

**PCI<sub>f</sub>:** PCI promedio de las unidades de muestra analizadas.

**n** : Número total de unidades de muestra analizadas.

**S** : Desviación estándar.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35). En inspecciones subsecuentes se usara la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ( $n < 5$ ), todas las unidades deberán evaluarse.

**c) Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:**

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

c.1) El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación

$$i = \frac{N}{n} \dots\dots\dots (3)$$

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 2.7 se redondea a 2)

c.2) El inicio al alzar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i.

Así, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar se irían sumando de 3 en 3, así  $3+3= 6$ ,  $6+3= 9$ ,  $9+3=12$ ,..., etc.

#### **d) Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:**

Unos de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que solo se presentan una vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

#### **e) Evaluación de la Condición:**

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

### **e.1 Equipo.**

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los amueblamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

### **e.2 Procedimiento.**

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario y “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

### **e.3 El equipo de inspección**

Deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de actualización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

## **Calculo del PCI de las Unidades de Muestreo**

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas

### **A. Cálculo para Carreteras con capa de rodadura asfáltica**

#### **1: Calculo de los valores Deducidos (VD):**

**1.a)** Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna total del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.

**1.b)** Divida la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la Densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

**1.c)** Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento de acuerdo del tipo de pavimento inspeccionado.

**2: Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).**

**2. a)** Si ninguno ó tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.

**2.b)** Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

**2.c)** Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.0 + \frac{9}{95} (100 - HDV_i) \quad \text{Ecuación 3.}$$

Dónde:

$m_i$ : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo  $i$ .

$HDV_i$ : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ .

**2.d)** El número de valores individuales deducidos se reduce a  $m$ , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que  $m$  se utilizan todos los que se tengan.

**3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.**

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

**3. a.** Determine el número de valores deducidos,  $q$ , mayores que 2.0.

**3. b.** Determine el “Valor Deducido Total” sumando todos los valores deducidos individuales.

**3. c.** Determine el CDV con  $q$  y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

**3. d.** Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que  $q$  sea igual a 1.

**3. e.** El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

**4.** Calcule el PCI de la unidad restando el máximo CDV obtenido en la etapa 3.

**B. Cálculo del PCI para pavimentos con superficie de concreto con cemento portland.**

**1. Cálculo de los Valores Deducidos (VD):**

1. a. Contabilice el número de LOSAS en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato de inspección. Anexo 01.

1. b. Calculo de densidad; del total de LOSAS contabilizado en 1.a. divida entre el número de LOSAS de cada combinación del tipo de daño y nivel de severidad de daño, exprese el resultado como porcentaje (%). Esta es la DENSIDAD

$$Densidad(\%) = \frac{1}{45} * 31 * 100 = 68.9$$

1. c. Determinación de los VALORES DEDUCIDOS para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “Valor Deducido de Daño” apropiada entre las que se adjuntan a este documento.

$$Densidad(\%) = \frac{1}{Totallosa} * N^{\circ} losasdañados * 100$$

**2. Cálculo del número Admisible Máximo de Deducidos.**

**2. a)** Si ninguno ó tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.

**2.b)** Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

**2.c)** Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la siguiente ecuación:

$$m_i = 1.0 + \frac{9}{95} (100 - HDV_i)$$

Dónde:

m<sub>i</sub>: Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la

unidad de muestreo i.

HDVi: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

**2.d)** El número de valores individuales deducidos se reduce a m, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de un valor menor (valores deducidos) que **m** se utilizan todos los que se tengan.

### **3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.**

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

**3. a** Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.

**3. b** Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

**3. c.** Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

**3. d.** Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

**3. e.** El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

### **4. Calculo del PCI restando de 100 el máximo CDV.**

En el Cuadro N° 08 se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

#### **FORMATO PARA LA OBTENCION DEL MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO**

<b>N°</b>	<b>Valores Deducidos</b>										<b>Total</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
-----------	--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------	----------	------------

1													
2													
3													
4													

Cuadro N° 08: formato para las iteraciones del cálculo del CDV

### **C. Cálculo del PCI de una sección de Pavimento.**

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades

de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente formula:

$$PCI_s = \frac{[(N - A) \times PCI^R] + (A \times PCI)}{N}$$

Dónde:

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

### 1.1. Descripción de Daños de las Patologías

Glosario de tipos de Daños traducidos al español.

<b>Blow up / Buckling</b>	Blowup / Buckling
<b>Corner Break</b>	Grieta de Esquina
<b>Divided Slab</b>	Losa Dividida
<b>Durability “D” Crack</b>	Grieta de Durabilidad “D”
<b>Faulting</b>	Escala

<b>Joint Seal</b>	Sello de Junta
<b>Lane / Shoulder Drop Off</b>	Desnivel Carril / Berma
<b>Linear Cracking</b>	Grietas Lineales
<b>Patching (Large)</b>	Parcheo grande
<b>Patching (Small)</b>	Parcheo pequeño
<b>Polished Aggregates</b>	Pulimento de Agregados
<b>Popouts</b>	Popouts
<b>Pumping</b>	Bombeo
<b>Punch-out</b>	Punzonamiento
<b>Railroad crossing</b>	Cruce de Via Férrea
<b>Scaling / Map Cracking / Crazing</b>	Desconchamiento / Mapa de Grietas / Craquelado
<b>Shrinkage Cracks</b>	Grietas de Retracción
<b>Spalling Corner</b>	Descascaramiento de Esquina
<b>Spalling Joint</b>	Descascaramiento de Junta

Cuadro N° 09: Tipos de daños en inglés y español.

### **Blowup - Buckling**

Descripción: Los blowups o buckles ocurren en tiempo cálido, usualmente en una



grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta. También pueden ocurrir en los sumideros y en los bordes de las zanjas realizadas para la instalación de servicios públicos.

### **Niveles de Severidad**

L: Causa una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Causa una calidad de tránsito de severidad media.

H: Causa una calidad de tránsito de alta severidad.

### **Medida**

En una grieta, un blowup se cuenta como presente en una losa. Sin embargo, si ocurre en una junta y afecta a dos losas se cuenta en ambas. Cuando la severidad del blowup deja el pavimento inutilizable, este debe repararse de inmediato.

### **Opciones de Reparación**

L: No se hace nada. Parcheo profundo o parcial.

M: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

### **Grieta de Esquina**

Descripción: Una grieta de esquina es una grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina. Por ejemplo, una losa con dimensiones de 3.70 m por 6.10 m presenta una grieta a 1.50 m en un lado y a 3.70 m en el otro lado, esta grieta no se considera grieta de esquina sino grieta diagonal; sin embargo, una grieta que intercepta un lado a 1.20 m y el otro lado a 2.40 m si es una grieta de esquina. Una grieta de esquina se diferencia de un descascaramiento de esquina en que aquella se extiende verticalmente través de todo el espesor de la losa, mientras que el otro intercepta la junta en un ángulo. Generalmente, la repetición de cargas combinada con la pérdida

de soporte y los esfuerzos de alabeo originan las grietas de esquina.

### **Niveles de Severidad**

L: La grieta está definida por una grieta de baja severidad y el área entre la grieta y las juntas está ligeramente agrietada o no presenta grieta alguna.

M: Se define por una grieta de severidad media o el área entre la grieta y las juntas presenta una grieta de severidad media

H: Se define por una grieta de severidad alta o el área entre la junta y las grietas está muy agrietada.

### ***Medida***

La losa dañada se registra como una (1) losa si:

1. Sólo tiene una grieta de esquina.
2. Contiene más de una grieta de una severidad particular.
3. Contiene dos o más grietas de severidades diferentes.

Para dos o más grietas se registrará el mayor nivel de severidad. Por ejemplo, una losa tiene una *grieta de esquina* de severidad baja y una de severidad media, deberá contabilizarse como una (1) losa con una *grieta de esquina* media.

### ***Opciones de reparación***

L: No se hace nada. Sellado de grietas de más de 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

#### **Losa Dividida**

Descripción: La losa es dividida por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una grieta de esquina, el daño se clasifica como una grieta de esquina severa.

Niveles de severidad

En el Cuadro 10, se anotan los niveles de severidad para losas divididas.

Severidad de la Mayoría De las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 a mas
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Cuadro N° 10: Niveles de Severidad para losa Dividida Medida

La *losa dividida* es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de daño.

### ***Opciones de reparación***

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm.

M: Reemplazo de la losa.

H: Reemplazo de la losa.

### **Grieta de Durabilidad “D”**

*Descripción:* Las *grietas de durabilidad “D”* son causadas por la expansión de los agregados grandes debido al proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el tiempo, fractura gradualmente el concreto.

Usualmente, este daño aparece como un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o a una grieta lineal. Dado que el concreto se satura cerca de las juntas y las grietas, es común encontrar un depósito de color oscuro en las inmediaciones de las *grietas “D”*. Este tipo de daño puede llevar a la destrucción eventual de la totalidad de la losa.

### ***Niveles de severidad***

L: Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad.

2. Las grietas “D” cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

H: Las grietas “D” cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

### ***Medida***

Cuando el daño se localiza y se califica en una severidad, se cuenta como una losa. Si existe más de un nivel de severidad, la losa se cuenta como poseedora del nivel de daño más alto. Por ejemplo, si *grietas “D”* de baja y media severidad están en la misma losa, la losa se registra como de severidad media únicamente.

### ***Opciones de reparación***

L: No se hace nada.

M: Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas.

H: Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas. Reemplazo de la losa.

### ***Escala***

*Descripción:* *Escala* es la diferencia de nivel a través de la junta. Algunas causas comunes que la originan son:

1. Asentamiento debido una fundación blanda.

2. Bombeo o erosión del material debajo de la losa.

3. Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

### ***Niveles de Severidad***

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta como se indica en el Cuadro 11.

Nivel de severidad	Diferencia en elevación
L	3 A 10 mm
M	10 a 19 mm
H	Mayor que 19 mm

Cuadro N° 11: Niveles de Severidad para Escala. Medida

La *escala* a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas. Las *escalas* a través de una grieta no se cuentan como daño pero se consideran para definir la severidad de las grietas.

### ***Opciones de reparación***

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado.

H: Fresado.

### ***Daño del sello de la junta***

*Descripción:* Es cualquier condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. Un material llenante adecuado impide que lo anterior ocurra. Los tipos típicos del daño de junta son:

1. Desprendimiento del sellante de la junta.
2. Extrusión del sellante.
3. Crecimiento de vegetación.
4. Endurecimiento del material llenante (oxidación).
5. Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.
6. Falta o ausencia del sellante en la junta.

### ***Niveles de Severidad***

L: El *sellante* está en una condición buena en forma general en toda la sección. Se comporta bien, con solo daño menor.

M: Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado. El sellante requiere reemplazo en dos años.

H: Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, los cuales ocurren en un grado severo. El sellante requiere reemplazo inmediato.

### ***Medida***

No se registra losa por losa sino que se evalúa con base en la condición total del *sellante* en toda el área.

### ***Opciones de reparación***

L: No se hace nada.

M: Resellado de juntas.

H: Resellado de juntas.

### **Desnivel Carril/Berma**

*Descripción:* El *desnivel carril / berma* es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la seguridad. También puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua.

### ***Nivel de severidad***

L: La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25.0 mm a 51.0 mm.

M: La diferencia de niveles es de 51.0 mm a 102.0 mm.

H: La diferencia de niveles es mayor que 102.0 mm.

### ***Medida***

El *desnivel carril / berma* se calcula promediando los desniveles máximo y mínimo a lo largo de la losa. Cada losa que exhiba el daño se mide separadamente y se registra como una losa con el nivel de severidad apropiado.

### ***Opciones de reparación***

L, M, H: Re nivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril.

### **Grietas lineales (Longitudinales, transversales y diagonales)**

*Descripción:* Estas grietas, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad.

Las losas divididas en cuatro o más pedazos se contabilizan como *losas divididas*. Comúnmente, las *grietas* de baja severidad están relacionadas con el alabeo o la fricción y no se consideran daños estructurales importantes. Las *grietas capilares*, de pocos pies de longitud y que no se propagan en toda la extensión de la losa, se contabilizan como *grietas de retracción*.

### ***Niveles de severidad***

#### ***Losas sin refuerzo***

L: Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0 mm.

#### ***Losas con refuerzo***

L: Grietas no selladas con ancho entre 3.0 mm y 25.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con un ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 76.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala hasta de 10.0 mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada de más de 76.0 mm de ancho.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 mm.

#### ***Medida***

Una vez se ha establecido la severidad, el daño se registra como una losa. Si dos grietas de severidad media se presentan en una losa, se cuenta dicha losa como una poseedora de grieta de alta severidad.

Las losas divididas en cuatro o más pedazos se cuentan como *losas divididas*.

Las losas de longitud mayor que 9.10 m se dividen en “losas” de aproximadamente igual longitud y que tienen juntas imaginarias, las cuales se asumen están en perfecta condición.

### ***Opciones de reparación***

L: No se hace nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

### **Parche grande (mayor de 0.45 m<sup>2</sup>) y acometidas de servicios públicos**

*Descripción:* Un *parche* es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una *excavación de servicios públicos* (utility cut) es un *parche* que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas.

Los niveles de severidad de una *excavación de servicios* son los mismos que para el parche regular.

#### ***Niveles de severidad***

L: El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M: El parche está moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del parche puede ser retirado con esfuerzo considerable.

H: El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.

#### ***Medida***

Si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad.

Si la causa del parche es más severa, únicamente el daño original se cuenta.

### ***Opciones para Reparación***

L: No se hace nada.

M: Sellado de grietas. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.

### **Parche pequeño (menor de 0.45 m<sup>2</sup>)**

*Descripción:* Es una área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno.

#### ***Niveles de Severidad***

L: El *parche* está funcionando bien, con poco o ningún daño.



M: El *parche* está moderadamente deteriorado. El material del *parche* puede ser retirado con considerable esfuerzo.

H: El *parche* está muy deteriorado. La extensión del daño exige reemplazo.

### ***Medida***

Si una losa presenta uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se registra como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se registra como una losa con el mayor nivel de daño. Si la causa del parche es más severa, únicamente se contabiliza el daño original.

### ***Opciones para Reparación***

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.

### ***Pulimento de Agregados***

*Descripción:* Este daño causa por aplicaciones repetidas de cargas de tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El *pulimento de agregados* que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas.

### ***Niveles de Severidad***

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto.

### ***Medida***

Una losa con agregado pulido se cuenta como una losa.

### ***Opciones de reparación***

L, M y H: Rasurado de la superficie. Sobre carpeta.

## **Popouts**

*Descripción:* Un *popout* es un pequeño pedazo de pavimento que se desprende de la superficie del mismo. Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito. Varían en tamaño con diámetros entre 25.0 mm y 102.0 mm y en espesor de 13.0 mm a 51.0 mm.

### ***Niveles de severidad***

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el *popout* debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.

### ***Medida***

Debe medirse la densidad del daño. Si existe alguna duda de que el promedio es mayor que tres *popout* por metro cuadrado, deben revisarse al menos tres áreas de un metro cuadrado elegidas al azar.

Cuando el promedio es mayor que dicha densidad, debe contabilizarse la losa.

### ***Opciones de reparación***

L, M y H: No se hace nada.

## **Bombeo**

*Descripción:* El *bombeo* es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo lo cual generan pérdida progresiva del soporte del pavimento. El *bombeo* puede identificarse por manchas en la superficie y la evidencia de material de base o subrasante en el pavimento cerca de las juntas o grietas.

El *bombeo* cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte. Eventualmente, la repetición de cargas producirá grietas. El *bombeo* también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte.

### ***Niveles de Severidad***

No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.

### ***Medida***

El *bombeo* de una junta entre dos losas se contabiliza como dos losas. Sin embargo, si las juntas restantes alrededor de la losa tienen bombeo, se agrega una losa por junta adicional con *bombeo*.

### ***Opciones de reparación***

L, M y H: Sellado de juntas y grietas. Restauración de la transferencia de cargas.

### **Punzonamiento**

*Descripción:* Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes pero, usualmente, está definido por una *grieta* y una *junta* o dos *grietas* muy próximas, usualmente con 1.52 m., entre sí. Este daño se origina por la repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, la pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto (por ejemplo, hormigueros)

### ***Niveles de Severidad***

<i>Severidad de la mayoría de las grietas</i>	<i>Número de pedazos</i>		
	<i>2 a 3</i>	<i>4 a 5</i>	<i>Más de 5</i>
<i>L</i>	<i>L</i>	<i>L</i>	<i>M</i>
<i>M</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>H</i>
<i>H</i>	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>H</i>

Cuadro N° 12: Niveles de Severidad para Punzonamiento.

### ***Medida***

Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente.

### ***Opciones de reparación***

L: No se hace nada. Sellado de grietas.

M: Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

### **Cruce de Vía férrea**

*Descripción:* El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.

#### ***Niveles de severidad***

L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

M: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

H: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad.

#### ***Medida***

Se registra el número de losas atravesadas por los rieles de la vía férrea.

Cualquier gran abultamiento producido por los rieles debe contarse como parte del cruce.

#### ***Opciones de reparación***

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

H: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

### **Desconcha miento, Mapa de grietas, Craquelado**

*Descripción:* El *mapa de grietas o craquelado (crazing)* se refiere a una red de grietas superficiales, finas o capilares, que se extienden únicamente en la parte superior de la superficie del concreto. Las *grietas* tienden a interceptarse en ángulos de 120 grados. Generalmente, este daño ocurre por exceso de manipulación en el terminado y puede producir el *descamado*, que es la rotura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6.0 mm a 13.0 mm. El *descamado* también puede ser causado por incorrecta construcción y por agregados de mala calidad.

#### ***Niveles de Severidad***

L: El *craquelado* se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie está en buena condición con solo un *descamado* menor presente.

M: La losa está *descamada*, pero menos del 15% de la losa está afectada.

H: La losa esta *descamada* en más del 15% de su área.

#### ***Medida***

Una losa *descamada* se contabiliza como una losa. El *craquelado* de baja severidad

debe contabilizarse únicamente si el *descamado* potencial es inminente, o unas pocas piezas pequeñas se han salido.

### ***Opciones para Reparación***

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobrecarpeta.

### **Grietas de retracción**

*Descripción:* Son *grietas capilares* usualmente de unos pocos pies de longitud y no se extienden a lo largo de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa.

### ***Niveles de Severidad***

No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que están presentes.

### ***Medida***

Si una o más *grietas de retracción* existen en una losa en particular, se cuenta como una losa con *grietas de retracción*.

### ***Opciones de reparación***

L, M y H: No se hace nada.

### **Descascaramiento de Esquina**

*Descripción:* Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente.

Un *descascaramiento de esquina* difiere de la *grieta de esquina* en que el descascaramiento usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa.

Un *descascaramiento* menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

### ***Niveles de severidad***

En el Cuadro 13 se listan los niveles de severidad para el *descascaramiento de esquina*.

El *descascaramiento de esquina* con un área menor que 6452 mm<sup>2</sup> desde la grieta hasta la esquina en ambos lados no deberá contarse.

Profundidad del Descascaramiento	Dimensiones de los lados del Descascaramiento	
	127.0 x 127.0 mm a 305.0 x 305.0 mm	Mayor que 305.0 x 305.0 mm
Menor de 25.0 mm	L	L
Mayor de 25.0 mm a 51.0 mm	L	M
Mayor de 51.0 mm	M	H

Cuadro N° 13: Niveles de Severidad para Descascaramiento de Esquina

### ***Medida***

Si en una losa hay una o más grietas con descascaramiento con el mismo nivel de severidad, la losa se registra como una losa con descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad.

### ***Opciones de reparación***

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.

### **Descascaramiento de Junta**

*Descripción:* Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta.

Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo. Se origina por:

1. Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles.
2. Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.

### ***Niveles de Severidad***

En el Cuadro 14: se ilustran los niveles de severidad para *descascaramiento de junta*. Una junta desgastada, en la cual el concreto ha sido desgastado a lo largo de toda la junta se califica como de baja severidad.

Fragmentos del Desprendimiento	Ancho del Descascaramiento	Longitud del Descascaramiento	
		< 0.6 m	>0.6 0m
Duros: No puede removerse fácilmente(pueden faltar algunos pocos fragmentos)	<102 mm	L	L
	>102 mm	L	L
Suelos: Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm	< 102 mm	L	M
	>102 mm	L	M
Desaparecidos: La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.	< 102 mm	L	M
	>102 mm	M	H

Cuadro N° 14: Niveles de Severidad para Descascaramiento de Junta

### **Medida**

Si el *descascaramiento* se presenta a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una losa con *descascaramiento de junta*. Si está sobre más de un borde de la misma losa, el borde que tenga la mayor severidad se cuenta y se registra como una losa. El *descascaramiento de junta* también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza con *descascaramiento de junta*.

### **Opciones para Reparación**

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.

Se plantea la siguiente hipótesis, el pavimento rígido del Pasaje Agustín Loli, Urb. Soledad, Huaraz – Ancash, no cumple con las normas técnicas.

El Objetivo General es Evaluar las patologías del pavimento rígido del Pasaje Agustín

Loli, Urb. Soledad, Huaraz – Ancash y como Objetivos Específicos: Identificar los diferentes tipos de fallas que se puedan encontrar en los pavimentos Rígido y clasificarlas según la patología basada en el “Método del PCI.

Identificar los diferentes tipos de fallas que se puedan encontrar en los pavimentos rígidos, utilizando el Método de falla por proceso constructivo.

#### OPERACIONALIZACION DE VARIABLE:

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES INDICADAS</b>	<b>SUB - DIMENSION.</b>
<b>Evaluación de pavimento Rígido</b>	El proyecto básicamente se trata de evaluar el tipo de enfermedades que presenta el pavimento rígido, dar con el porque se generan estos tipos de enfermedades	<b>Patologías superficiales</b>	Fisuras Long. Y Trasnv.
			Fisuras en juntas de const.
			Fisuras en borde
			Fisuras en bloque
			Fisuras media luna
		<b>Granulometría</b>	
		<b>Calidad de materiales</b>	
		<b>Grado de compactación</b>	



## II. METODOLOGIA

### **Tipo y diseño de investigación:**

El estudio a realizarse en esta investigación es aplicativo de tipo descriptivo, transversal.

**Aplicativo:** porque se aplicaran los conocimientos existentes.

**Descriptivo:** porque describe la realidad sin modificarlo.

### **Diseño experimento:**

#### **No experimental, transversal y descriptivo**

**Trasversal:** porque la investigación se está realizando en un periodo definido del año 2015.

### **Esquema del diseño:**



### **DÓNDE:**

**M1: concreto** en pistas

**O:** Condición del concreto

**Población y muestra:** Se ha considerado Para este estudio la población está dada por: Pavimento rígido en el pasaje Agustín Loli, La soledad, Huaraz-Ancash.

### **Muestra.-**

La muestra será de la siguiente manera:

- ✓ **Para patologías superficiales:** se trabajaran todas las fallas existentes.
- ✓ **Para la granulometría:** se analizaran 10 calicatas para verificación de calidad de materiales.

✓ **Para el grado de compactación:** se analizaran 10 muestras

Las muestras son no probabilísticas, por conveniencia y de acuerdo a las normas técnicas.

La Técnica será la observación y como instrumento tendremos las fichas técnicas del Laboratorio de Mecánica de Suelos para la evaluación de:

\* INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

\* PROCESO CONSTRUCTIVO.

Para el método de falla por proceso constructivo de realizaran los siguientes ensayos:

- PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Procedimiento de recolección de datos.

La investigación se sustenta principalmente en la aplicación del proceso de datos y a través de tablas y gráficos de información lo cual se da de la siguiente manera:

### III. RESULTADOS

La Calle del Pavimento rígido, se encuentra ubicada en el pasaje Agustín Loli, Urb. soledad de la ciudad de Huaraz.

#### a) Descripción de la sección

- **Pavimento rígido**, está compuesta de 42 paños, los paños son de 3.0m x 4.0m, junta de dilatación de 4.0 cm.

#### b) Geometría

- **Pavimento rígido**, tiene una longitud de 82.70 metros por 3.00 metros de ancho, compuesto por 42 paños.

#### c) Estructura del Pavimento

El Pavimento es de concreto armado de 0.20 metros de espesor, asentada sobre una capa granular con un espesor de 0.20 metros.

#### d) Medio Ambiente y drenaje

El pavimento está ocupada x el libre tránsito vehicular y peatonal y de toda la población.

Cuenta con drenaje pluvial de 02 alcantarillados.

#### e) Obras adicionales

La calle pavimentada cuenta con la señalización de entrada y salida y también cuenta con iluminación nocturna.

#### 2. División de las unidades de Muestra

Como indica la norma ASTM D 6433, si los pavimentos de concreto no exceden 7.60 metros de largo del paño el rango de la losa para evaluar será de  $20 \pm 8$  losas.

Para el cálculo de las unidades de muestra se divide la longitud total de la losa para en la longitud de las losas de la siguiente manera.

### PAVIMENTO RIGIDO:

Longitud del Pavimento Rígido. (LPR) = 0+82.70

Largo de la losa (LL) = 4.00

$$\begin{aligned} \text{Ecuación 01} \quad N &= \frac{LPD}{LL} \\ N &= \frac{82.70}{4.00} \quad N = 21 \end{aligned}$$

Por lo que se obtiene 21 unidades de muestra. Aplicando la ecuación N° 2, se calcula el número mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas; se adopta un error  $e = 5 \%$ , que es el permitido, en vista que es la primera inspección que se ha realizado, se tomara una media estándar  $\sigma = 15$ ., con estas indicaciones, se procede:

$$\begin{aligned} n &= \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} \\ n &= \frac{21.0 \times 15^2}{\frac{5.0^2}{4} \times (21.0 - 1) + 15^2} \end{aligned}$$

$$n = 9.2 \approx 9.0$$

Ahora calculamos el intervalo de muestreo (ecuación 03), cuántas unidades de muestreo se va a efectuar la inspección y registro

Ecuación 03

$$\begin{aligned} i &= \frac{N}{n} \\ i &= \frac{21}{9} \quad i = 1.33 \approx 1.00 \end{aligned}$$

Por lo tanto se deberá evaluar todo el pavimento, así que no será necesario realizar el procedimiento de muestreo para seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas.

### **3. Inspección de las unidades de Muestra**

Con el Manual de Daños, realizado el croquis y realizada la selección de las unidades de muestra a ser inspeccionadas que en este caso se examinarán todas las unidades de muestra, se procedió a recorrer por cada losa, registrando si sobre esta se encuentran algún tipo de deterioro que coincida con los descritos en el manual de daños, además se registró su severidad y cantidad; esta información se la registra en el formato de inspección 01.

### **4. Cálculo del PCI de las Unidades de Muestra**

El método para el cálculo de las unidades de muestra se ha calculado de acuerdo a los pasos descritos en el literal 4.1.12 del presente trabajo de investigación. Los cálculos de cada una de las unidades de muestra se presentan a continuación:

#### **IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN**

La determinación y Evaluación del nivel de patologías del concreto existente en las en el pasaje Agustín Loli indica que el 28.57 % está afectada por fallas de fisuras longitudinales que afecta a 18 losas. A continuación le sigue 14 losas con grietas de esquina y lineales que representa el 25%. En tercer lugar están las fallas de tipo descascaramiento de juntas que representa a 15 losas y significa un 17.83 %. El pasaje Agustín Loli tiene un PCI de 22, el cual indica una calificación de Malo.

La mayor incidencia de fisuras longitudinales se debe a la suma de varios factores como son Excesivas repeticiones de carga pesadas (fatiga), Deficiente apoyo del pavimento y Asentamiento de la fundación.

También, se ha identificado las diversas patologías que tienen cada plataforma deportiva, y su porcentaje de reducción para luego calcular las patologías de mayor incidencia en cada tramo del pasaje. La mayor incidencia de patologías que se observa de acuerdo a los cálculos realizados son grietas lineales, desconchamiento, grietas, pulimiento de agregados, popouts.

, En base a los datos recogidos in situ y el resultado determinado de los PCI, de cada uno de las progresivas, nos demuestra la condición en que se encuentran el pavimento e inclusive nos permite proponer que trabajos se pueden realizar de acuerdo a la patología y su severidad pudiendo ser los trabajos de mantenimiento, Rehabilitación, reconstrucción o cambio total de las losas.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

1.-La determinación y evaluación del nivel de patologías del concreto existente el pasaje indicado nos permite establecer el índice de integridad estructural y condición operacional de la superficie, catalogando a la fecha como MALO.

2.-Los tipos de daños o patologías más frecuentes son: Grieta Lineal, Desconchamiento, Grietas, Pulimiento de Agregados, Popouts, Losa Dividida.

3.-La grieta lineal y desconchamiento con nivel de severidad y cuantificación baja es el tipo de daño más común y de mayor incidencia en todo el pasaje; al igual que la grieta lineal con nivel de severidad y cuantificación media.

### **RECOMENDACIONES**

Se deben monitorear las fallas en periodos cortos de tiempo para determinar el grado de evolución de los daños e incremento de otros tipos de patógenos.

En el pasaje evaluado debe demolerse todos los paños de losa del pavimento rígido y condicionar sistemas de drenaje y un buen diseño de pavimento rígido usando materiales de buena calidad.

## **VI. AGRADECIMIENTOS**

### **DEDICATORIA**

Este trabajo es Dedicado a Dios que me guía  
a tomar buenas decisiones, a mis Padres,  
Hermanos quienes siempre creyeron en mí y  
me dieron todo el apoyo incondicional en mi  
Formación Profesional.

**Juan Giraldo Chinchay**



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darnos la vida, a nuestros Padres que siempre nos apoyaron incondicionalmente, a nuestra casa superior Universidad Privada San Pedro, Por albergarnos durante nuestra Formación Profesional.

Al asesor Ing. Rogelio Castañeda Gamboa por su apoyo Profesional e incondicional durante el camino recorrido en la elaboración de este Trabajo. Destacamos su dedicación, interés, Motivación, Confianza y especialmente su calidad académica y su validez humana que lo convierte en un excelente Profesional. También a todos nuestros Docentes por brindarnos sus conocimientos para formarnos Profesionalmente y a mis compañeros por su apoyo y amistad.

**Juan Giraldo Chinchay**

## VII REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Bendezú, (2012), *Determinación y evaluación de las patologías del concreto de las veredas del aa.hh. Jorge Chávez – Talara alta, provincia de Talara – departamento de Piura*, Tesis en la Universidad Nacional de Ingeniería – UNI.

Espinoza, (2010), *Determinación del nivel de incidencia de las patologías del concreto en el pavimento asfáltico de la urbanización santa rosa, distrito de nuevo Chimbote – Santa – Áncash*, Tesis en la Universidad Nacional del Santa.

ESPINOZA, T.(2010), *Evaluación de las patologías del pavimento rígido. Tesis de Grado Del Val, M. y Gallego, J.(2010), Enfermedades de los pavimentos de las carreteras, universidad Politécnica de Madrid – España.*

Gonzales (2011), *Determinación Del Tipo De Fallas y su Grado De Incidencia De Los Pavimentos Rígidos De Las Principales Avenidas Del Distrito De Huaraz – Ancash*, en su tesis En La Universidad Católica Los Ángeles De Chimbote.

Godoy & Ramírez (2006), *patologías de pavimentos rígidos en la ciudad de asunción, Paraguay*, Tesis de grado.

Método de evaluación estándar de índice para condición de pavimento recuperado de <http://Alacpa.org/index-archivos/ASTMD5340-Metcalc-PCI-esprevo.pdf>.

NORMA ASTM D 5340 *Método de evaluación normalizado para la obtención del Índice de Condición de Pavimentos en aeropuertos (PCI).*

Montivero, (2010), *Diagnósticos de patologías en pavimentos de hormigón en el*

*corredor bioceánico, provincia de Mendoza, en la ciudad de Mendoza- republica de la Argentina.* Tesis en la Universidad Tecnológica Nacional de Mendoza:

Pavement condition index (PCI) (2010) Recuperado de [http:// w.w.w. Camineros.com/docs/cam036.pdf](http://w.w.w.Camineros.com/docs/cam036.pdf).

Programa de diagnóstico y seguimiento de pavimentos método p.c.i. ministerio de obras públicas dirección de aeropuertos – gobierno de chile.

Vasquez. (2002) *Pavement condition index (pci) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras.*

Vásquez, T.(2000), *Notas del curso de pavimentos avanzados de la especialización en vías y transporte de la universidad nacional de Colombia. Sede Manizales. Manizales. Colombia.*

William A. (2008) *Condición de las calles evaluación de la infraestructura vial ciudad de los Ángeles*, Departamento de Obras Públicas Agencia de Mantenimiento de Calles.

## **VIII. ANEXOS**